

## PEMBERDAYAAN ENERGI MATAHARI SEBAGAI ENERGI LISTRIK LAMPU PENGATUR LALU LINTAS

Djoko Adi Widodo , Suryono, Tatyantoro A

### Abstrak

Indonesia merupakan negara yang memiliki berbagai jenis sumber daya energi dalam jumlah yang cukup melimpah. Letak Indonesia berada pada daerah katulistiwa, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 sampai dengan 12 jam dalam sehari. Data Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi pada tahun 1997, kapasitas terpasang listrik tenaga surya di Indonesia mencapai 0,88 MW dari potensi yang tersedia  $1,2 \times 10^9$  MW.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan inovasi teknologi pembangkit listrik bersumber dari energi matahari. Pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik menggunakan fotovoltaik atau sel surya. Sedangkan energi listrik yang dihasilkan disimpan dalam sebuah baterai. Manfaat dari penelitian untuk memberdayakan energi matahari secara optimal sebagai sumber energi listrik pada lampu pengatur lalu lintas.

Berdasarkan percobaan dari satu modul surya 50 Wp diperoleh kuat arus pada sel surya dan kuat arus yang mengalir ke dalam baterai yang berfluktuatif besarnya. Energi listrik yang dihasilkan dari penyinaran sinar matahari selama 6 jam mampu menyalakan 4 buah lampu dengan total daya 30 watt selama 16 jam. Diharapkan dari hasil riset ini dapat diadakan penelitian lanjutan mengenai teknologi pengukuran secara *realtime* agar dapat memonitoring potensi energi sepanjang musim.

*Kata Kunci: Energi matahari, Fotovoltaik, Energi Listrik*

### I. PENDAHULUAN

Permintaan energi dunia terus meningkat sepanjang sejarah peradaban umat manusia. Proyeksi permintaan energi pada tahun 2050 hampir mencapai tiga kali lipat. Tampaknya masalah energi akan tetap menjadi topik yang harus dicarikan solusinya secara bersama-sama. Pemanfaatan energi telah berkembang dan meningkat sesuai dengan perkembangan manusia itu sendiri. Usaha-usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya minyak bumi. Pemanfaatan minyak bumi diperkirakan akan habis dalam waktu yang tidak lama jika pola pemakaian seperti sekarang ini yang justru semakin meningkat dengan meningkatnya industri maupun transportasi. Selain itu dari berbagai penelitian telah didapat gambaran bahwa kualitas udara telah semakin mengawatirkan akibat pembakaran minyak bumi.

Indonesia merupakan negara yang memiliki berbagai jenis sumber daya energi dalam jumlah yang cukup melimpah. Letak Indonesia yang

berada pada daerah khatulistiwa, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 - 12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia sebagai sumber energi listrik alternatif (terbarukan) sangat perlu dimanfaatkan mengingat, total intensitas penyinaran rata-rata 4,5 kWh per meter persegi perhari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga tergolong kaya sumber energi matahari. Data Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi pada tahun 1997, kapasitas terpasang listrik tenaga surya di Indonesia mencapai 0,88 MW dari potensi yang tersedia  $1,2 \times 10^9$  MW. Sedangkan arah kebijakan pengembangan energi baru dan terbarukan telah diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 30, pasal 20-22 Tahun 2007 Tentang Energi.

Pengalaman dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), penerapan pembangkit listrik tenaga surya dapat dilaksanakan secara bertahap. Tahapan ini meliputi beberapa aspek yang meliputi aspek pengenalan sampai pada tahap penyebarluasan. Tahapan Pertama adalah tahap demonstrasi yaitu

tahapan untuk mendapatkan model sistem tenaga surya, investigasi keandalan sistem, mendapatkan kemampuan ekonomis, meningkatkan kemampuan peneliti serta investigasi dampak sosial dari proyek listrik tenaga surya. Tahapan berikutnya adalah demonstrasi ganda tujuan. Tahapan ini adalah untuk mempelajari kendala dan masalah yang terjadi di lapangan, pengaturan distribusi sistem serta pengaturan-pengaturan setelah purna jual. masih perlu pendekatan, berbagai penyuluhan baik teknis maupun non teknis mengingat kondisi sifat masyarakat yang majemuk.. Tahapan penyebarluasan, tujuan dari tahapan ini adalah menyebarluaskan penerapan PLTS yang secara teknis, ekonomis dan sosial bisa diterima oleh masyarakat.

Memperhatikan argumen yang telah dikemukakan dan perkembangan industri sel surya saat ini kiranya sangat layak memberdayakan secara optimal energi matahari menjadi energi listrik. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan inovasi teknologi pembangkit listrik bersumber dari energi matahari guna mensuplai energi listrik pada lampu pengatur lalu lintas. Diharapkan hasil penelitian ini dapat mendukung Program Nasional dalam mengatasi krisis energi di Indonesia.

## II. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

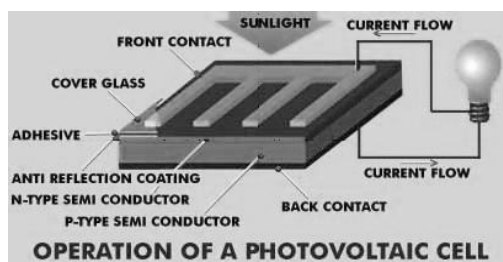
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau energi surya konsepnya sederhana yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. PLTS terdiri dari komponen-komponen tertentu yaitu panel surya atau modul surya, baterai, regulator atau kontroler, dan konstruksi penyangga modul. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri beberapa sel surya yang digabung dalam hubungkan seri dan paralel tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Yang sering digunakan adalah modul sel surya 20 watt atau 30 watt. Modul sel surya itu menghasilkan energi listrik yang proporsional dengan luas permukaan panel yang terkena sinar matahari.

Rangkaian kontroler pengisian baterai dalam sistem energi surya itu merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt plus minus 10 persen. Bila tegangan turun sampai 10,8 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan itu terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutuskan pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik. Bila tegangan aki mencapai 13,2 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki.

Panel surya itu letakkan dengan posisi statis menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari. Orbit yang ditempuh bumi berbentuk elip dengan matahari berada di salah satu titik fokusnya. Karena matahari bergerak membentuk sudut selalu berubah, maka dengan posisi panel surya itu yang statis itu tidak akan diperoleh energi listrik yang optimal. Agar dapat terserap secara maksimum, maka sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya. Jadi, untuk mendapatkan energi listrik yang optimal, sistem sel surya itu masih harus dilengkapi pula dengan rangkaian kontroler optional untuk mengatur arah permukaan panel surya agar selalu menghadap matahari sedemikian rupa sehingga sinar matahari jatuh hampir tegak lurus pada panel suryanya.

Modul surya merupakan bagian terpenting dari suatu system PLTS baik yang bersifat *stand alone* atau dikenal *Solar Home System (SHS)*, ataupun bersifat *hybrid* (gabungan) antara tenaga surya dengan sumber pembangkit lain. Adapun inti dari PLTS adalah berupa sel surya atau fotovoltaik, terbuat dari bahan kristal silicon yang secara langsung dapat merubah energi surya menjadi arus listrik. Untuk membuat modul fotovoltaik secara fabrikasi bisa

menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul fotovoltaik kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel fotovoltaik diperlukan teknologi tinggi. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel. Teknologi ini cukup canggih dan keuntungannya adalah harganya murah, bersih, mudah dipasang dan dioperasikan dan mudah dirawat. Ilustrasi fotovoltaik seperti ditunjukkan pada gambar 1.

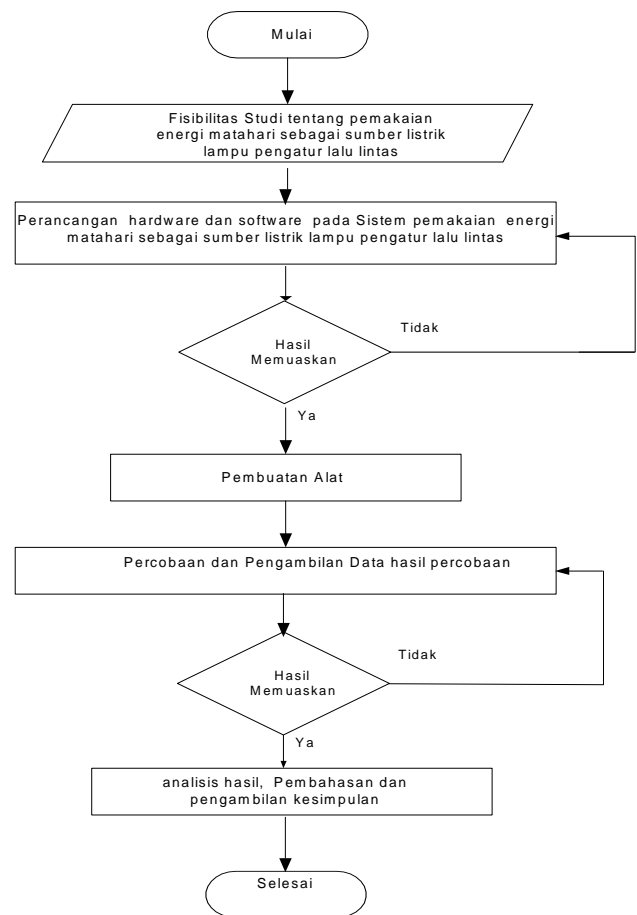


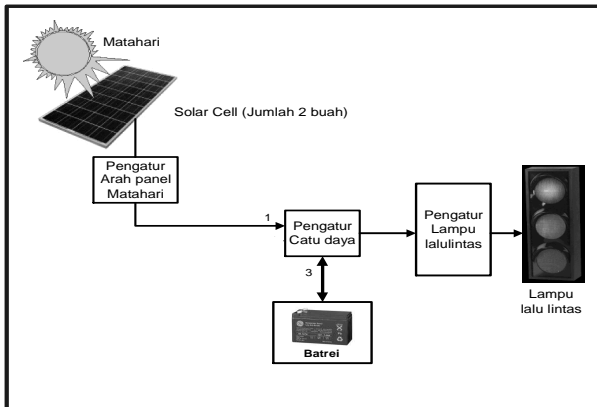
Gambar 1. Konstruksi Dasar Fotovoltaik

Bahan sel surya sendiri terdiri kaca pelindung dan material *adhesive* transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan, material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semi-konduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran Silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Prinsip kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semi-konduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor, menyebabkan aliran medan listrik yang menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik.

### III. METODE PENELITIAN

Jalannya penelitian untuk mengetahui pemberdayaan pemakaian energi matahari sebagai energi listrik pada lampu pengatur lalu lintas seperti diperlihatkan pada bagan alir gambar 2. Diawali dengan studi lapangan tentang pemanfaatan energi surya untuk pensuplai energi listrik yang telah ada di lapangan. Kemudian dilanjutkan dengan perancangan dan realisasi sistem suplai energi listrik pada lampu pengatur lalu lintas dengan energi surya.





Gambar 3. Rancangan Sistem Lampu Lalu lintas dengan Tenaga Energi Matahari

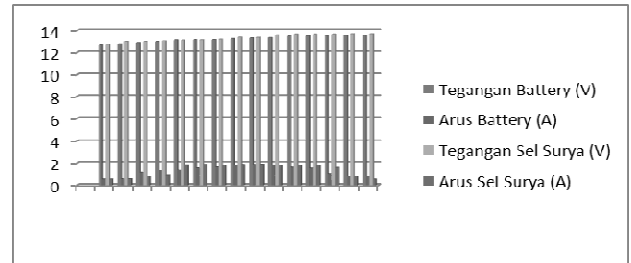


Gambar 4. Realisasi Pemberdayaan Energi Surya Pada Lampu Lalu Lintas

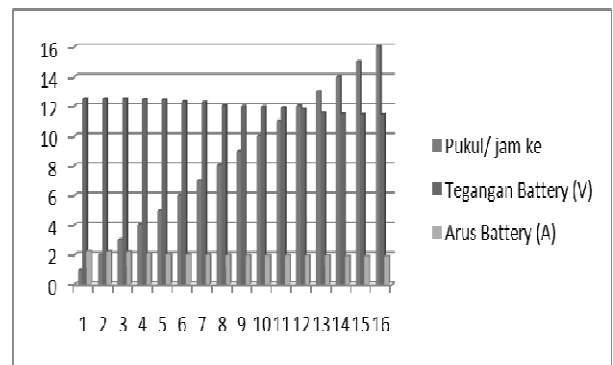
**I. HASIL PENELITIAN**

Penelitian ini menghasilkan keluaran berupa suatu perangkat keras inovasi teknologi pembangkitan energi listrik bersumber dari energi surya atau matahari. Energi listrik yang dibangkitkan digunakan sebagai energi listrik pada lampu pengatur lalu lintas. Dari percobaan teknologi yang dihasilkan diperoleh data

pengisian dan pembebanan baterai seperti gambar 5 dan gambar 6. Pengukuran dilakukan selama waktu siang hari pada saat matahari cerah di wilayah kampus Unnes.



Gambar 5. Plotting Arus Terhadap Waktu Pengisian Baterai



Gambar 6. Plotting Arus Terhadap Lama Waktu Pembebanan Lampu

**II. PEMBAHASAN**

Pengukuran arus baterai dan modul surya dilakukan selama 8 jam kondisi tanpa pembebanan lampu. Nilai arus dicatat dalam selang waktu 30 menit. Nilai arus maksimum terjadi pada saat jam 12.00 di kisaran 1,8 ampere meskipun nilai tegangan baterai dan sel relatif stabil pada kisaran nilai 12 Volt sampai dengan 14 Volt. Plotting arus pengisian baterai yang terlihat pada gambar 5, nampak dari awal pengukuran dipagi hari nilai arus merambat naik seiring dengan bertambahnya waktu menuju siang hari. Nilai arus mencapai puncaknya saat jam 12.00, untuk kemudian nilai arus yang mengalir ke baterai mulai menurun seiring dengan Bergeraknya matahari menuju waktu sore hari. Dinamika nilai arus yang mengalir dalam

baterai tersebut bersesuaian dengan intensitas sinar matahari yang mengenai permukaan sel surya. Berbeda dengan nilai tegangan pada baterai yang memiliki pola sedikit fluktuatif karena memang dijaga stabil pada batas sesuai dengan spesifikasi.

Setelah 8 jam baterai mendapatkan pengisian arus dari energi matahari melalui modul surya, sesaat kemudian dihubungkan dengan lampu lalu lintas sebanyak 4 buah lampu masing-masing lampu berdaya 7,5 watt/DC atau total daya 30 watt. Nilai arus beban lampu dimonitor sejak awal pembebanan (lampu dapat menyala) sampai beban lampu tidak dapat menyala. Diawal pembebanan lampu dihubungkan ke baterai, nilai arus sebesar 2,23 ampere, keadaan lampu semua menyala terang (normal). Setelah berselang selama 16 jam kemudian nilai arus menjadi menjadi 1,92 ampere dan kondisi beban lampu tidak dapat menyala (padam). Dinamika penyusutan arus baterai selama 16 jam terhubung dengan lampu relatif kecil nilainya sekitar 0,3 ampere seperti diperlihatkan pada gambar 6.

Kondisi ideal dengan menggunakan modul surya berdaya maksimum 50 Wp, jika tegangan dapat terjaga maksimum pada nilai 12 volt, maka kuat arus yang mengalir ke baterai dapat mencapai maksimum 4,1 ampere. Data pengukuran pada penelitian ini, saat kuat arus modul surya menunjukkan nilai maksimum yaitu sebesar 1,89 ampere dan tegangan maksimum mencapai 13,7 Volt. Dari data percobaan ini, nilai daya maksimum pada modul surya berkisar 25,8 watt dan belum sesuai dengan spesifikasi elektrik modul surya. Dari analisa ini memberikan petunjuk terdapatnya faktor yang mempengaruhi kuat arus listrik yang mengalir ke dalam baterai. Faktor ini antara lain bisa berupa posisi modul surya terhadap arah sinar matahari, kondisi cuaca saat pengukuran, dan efisiensi yang dimiliki oleh modul surya yang digunakan dalam penelitian.

### III. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemberdayaan energi matahari sebagai energi listrik. Keluaran penelitian berupa seperangkat sistem inovasi teknologi pembangkitan energi listrik bersumber dari energi matahari yang dapat dimanfaatkan untuk memberikan suplai energi listrik pada lampu pengatur lalu lintas. Sistem ini terdiri tiga elemen utama, yaitu modul atau panel surya sebagai media perubah energi sinar matahari menjadi energi listrik, baterai untuk menyimpan energi listrik dan lampu pengatur lalu lintas sebagai elemen yang mengkonsumsi energi listrik.

Potensi energi matahari sebagai energi listrik dapat diketahui dengan melakukan pengukuran selama modul surya terkena sinar matahari. Untuk maksud ini dilakukan uji coba dan dilakukan pengukuran besar kuat arus yang dibangkitkan dari modul surya yang terkena sinar matahari dan mengukur besar kuat arus yang menuju baterai. Tegangan pada modul surya dan baterai dimonitor dan dicatat selama 6 sampai 8 jam matahari mengenai panel atau modul surya. Dari hasil pengukuran selama 6 sampai 8 jam, yaitu dari jam 7.30 sampai dengan jam 15.30 diperoleh data besar arus listrik yang dibangkitkan modul surya dan data kuat arus yang mengalir ke dalam baterai. Nilai kuat arus sangat beragam dan fluktuatif seiring dengan intensitas sinar matahari yang mengenai permukaan modul surya.

Pengukuran besaran listrik dalam penelitian hendaknya dilakukan secara *realtime* agar memperoleh data yang runtut tentang potensi energi matahari pada setiap waktu pergerakan arah sinar matahari. Karena itu, disarankan mengembangkan rekayasa sistem pengukuran *realtime* dengan berbasis pada teknologi informasi dan komunikasi. Saran ini begitu penting untuk disampaikan guna mendukung Program Universitas Negeri Semarang menuju Universitas Konservasi.

### DAFTAR PUSTAKA

Djamain, Martin, 2000, *Strategi Penerapan Energi Surya di Indonesia*, Seminar Peran dan

Perkembangan Energi Surya Sebagai Energi Alternatif, Universitas Gajayana.

<http://www.themegallery.com>

<http://www.ise-solar.info>

<http://www.ncsc.nesu.edu>

<http://www.bsi-solar.de>

Ika Ismet, Shobih, Erlyta Septa Rosa, “Modul Surya untuk Mengatasi Krisis Energi”, Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi LIPI Bandung, Vol.9, No.3,pp.82-89, 2009.

Liang Chi Shen dan Jin Au Kong. 1996. *Aplikasi Elektromagnetik*. Penerbit PT. Erlangga. Jakarta.

Mahmudsyah Syariffuddin, 2000, *Teknik Pembangkitan, Aplikasi dan Perkembangan Sel Surya di Indonesia*, Makalah seminar Peran dan Perkembangan Energi Surya Sebagai Energi Alternatif, Universitas Gajayana.

Rhazio,2007, *Institut Sains & Teknologi Al-Kamal-Jakarta*

Solarex Corp. *Penuntun Ke Teknik Listrik Sinar Surya*. PT. Dwieti Utama. Jakarta.

Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi.

### **Biografi**

Djoko Adi Widodo, dosen Teknik elektro UNNES,  
Suryono, dosen Teknik elektro UNNES  
Tatyantoro A , dosen Teknik elektro UNNES